



GUÍA METODOLÓGICA PARA EL ESTUDIO Y MONITOREO DE GOLONDRINAS DE MAR EN EL NORTE DE CHILE

“ESTUDIO SOBRE LAS POBLACIONES DE GOLONDRINAS DE MAR QUE NIDIFICAN EN LA REGIÓN DE TARAPACÁ Y SUS PRINCIPALES AMENAZAS” LICITACIÓN ID 612-4-LE22 (ANEXO 5)

Paola Araneda | Javiera Zamora | Elena Alarcón | Francisca Montecinos

NORTE ANDINO EIRL.

CHILE-2023

CONTENIDO

1. Introducción.....	5
2. Antecedentes de las especies que nidifican en la Región de Tarapacá	6
2.1 Orden Procellariiformes	6
2.1.1 Familia Hydrobatidae	7
2.1.2 Familia Oceanitidae	12
2.2 Dieta y hábitat	14
2.2.1 Dieta.....	14
2.2.2 Características olfativas.....	14
2.2.3 Hábitat y Sustrato	15
2.3 Distribución de las especies de golondrinas de mar en la Región de Tarapacá.....	26
3. Amenazas a las especies y sitios reproductivos en la Región de Tarapacá.....	28
3.1 Amenazas generales.....	28
3.2 Proyectos y sus impactos.....	30
3.3 Identificación del Área de influencia	31
4. Metodología para el estudio y seguimiento de colonias reproductivas de golondrinas de mar.....	33
4.1 Identificación bibliográfica potenciales sitios de nidificación	34
4.2 Detección de colonias.....	36
4.3 Caracterización de nidos y colonia	41
5. Monitoreo de las colonias nidificantes	50
5.1 plan de seguimiento	50

5.2 Metodologías más utilizadas para el seguimiento de especies de la familia hydrobatidae	52
6. Consideraciones generales y cuidados al momento de estudiar colonias de golondrinas de mar.....	56
7. Referencias bibliograficas.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Calendario reproductivo de golondrina de mar negra (<i>H. Markhami</i>) en la zona sur de su distribución, correspondiente a los sitios de nidificación de Caleta Buena y Salar Grande.	9
Figura 2. Cronología de actividad de la golondrina de mar negra (<i>H. markhami</i>) en base a los registros de cámara trampa.....	9
Figura 3. Geología en sitios de nidificación de golondrinas de mar en la Región de Tarapacá.	17
Figura 4. Apertura de nido de golondrina de mar (<i>Hydrobates</i>).....	20
Figura 5. Cámara al interior del nido de golondrina de mar (<i>Hydrobatidae</i>), donde se observa una pequeña depresión con un huevo en el centro.....	21
Figura 6. Tipos de sustratos arenosos (a la izquierda) y encostrado (a la derecha) donde se pueden encontrar nidos de golondrinas de mar (<i>Hidrobatidae</i>).	22
Figura 7. Sustrato arenoso correspondiente al sitio de nidificación de golondrinas de mar (<i>Hydrobatida</i>) en Alto Loa.	23
Figura 8. Nido de golondrina de mar (<i>Hydrobatidae</i>) sobre tipo de sustrato mixto en sitio de nidificación de Pampa Hermosa.....	24
Figura 9. Nido de golondrina de mar (<i>Hydrobatidae</i>) ubicado sobre tipo de sustrato encostrado en sitio de nidificación de Salar Grande.....	25

Figura 10. Sitios de nidificación identificados para golondrinas de mar en la Región de Tarapacá.	27
Figura 11. Aplicación de <i>playback</i> mediante parlante para la detección de individuos de golondrinas de mar (Hydrobatidae) asociados a colonias reproductiva.....	40
Figura 12. Utilización de visores nocturnos para la observación de golondrinas de mar (Hydrobatidae).....	41
Figura 13. Nido con señal directa de ocupación, donde se observa un adulto incubando..	43
Figura 14. Nido con señal directa de ocupación, donde se observa una cría.	43
Figura 15. Nido con señal directa de ocupación, donde se observa un volantón.	44
Figura 16. Nidos de golondrinas de mar (Hydrobatidae) con fecas frescas como señales indirectas..	44
Figura 17. Cavity donde no se observan señales directas ni indirectas. Solo se observan plumas que pudieron ser arrastradas por el viento o algún depredador.....	45
Figura 18. Visión interna de un nido inactivo donde se observan restos de fecas de temporadas anteriores.	45
Figura 19. Pasos metodológicos para identificación de nidos de golondrinas de mar (Hydrobatidae).....	47
Figura 20. Exploración de cavity con cámara sonda marca RIDGID CA-350	48
Figura 21. Utilización de cámara trampa para la identificación de nidos de golondrinas de mar (Hydrobatidae).....	49
Figura 22. Consideraciones relevantes para desarrollar un plan de monitoreo de golondrinas de mar (Hydrobatidae) en los ambientes desérticos del norte de Chile..	51
Figura 23. Equipamiento básico de seguridad para profesionales e investigadores/as que realicen labores en colonias reproductivas de golondrinas de mar (Hydrobatidae) en el norte de Chile.	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Bases de datos consultadas para hacer la revisión bibliográfica de la situación de las especies de golondrinas de mar en la Región de Tarapacá. 35

Tabla 2. Materiales y descripción de la etapa metodológica para el estudio de colonias reproductivas de golondrinas de mar. 37

Tabla 3. Criterios de clasificación de los nidos reportados. 42

Tabla 4. Metodologías para el estudio de la biología y ecología reproductiva de las especies de golondrinas de mar 52

BORRADOR

1. INTRODUCCIÓN

La Guía Metodológica para el estudio y monitoreo de golondrinas de mar en el norte de Chile tiene como objetivo proporcionar un marco de referencia completo y práctico para la investigación y seguimiento de estas aves marinas en la región y en todo el norte de Chile. El desarrollo de esta Guía fue mandatado por el Servicio Agrícola y Ganadero de Chile (SAG) a Norte Andino Estudios Ambientales EIRL., en el marco del “Estudio sobre las poblaciones de golondrinas de mar que nidifican en la Región de Tarapacá y sus principales amenazas”.

Las golondrinas de mar, pertenecientes a la familia Hydrobatidae, son especies emblemáticas que desempeñan un papel crucial en los ecosistemas costeros y marinos. El norte de Chile alberga importantes colonias reproductivas de golondrinas de mar, que encuentran en pleno Desierto de Atacama un hábitat propicio para su anidación. Estas aves migratorias se caracterizan por sus largos viajes en busca de alimento y por su capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas y oceanográficas. Sin embargo, debido a las diversas amenazas que enfrentan las golondrinas de mar, es fundamental contar con un enfoque metodológico sólido y estandarizado para su estudio y monitoreo. Esta guía tiene como propósito ser un complemento metodológico al Plan de Recuperación, Conservación y Gestión de las Golondrinas de Mar del Norte de Chile; brindando a investigadores/as y profesionales de medio ambiente, las herramientas necesarias para llevar a cabo estudios ambientales, evaluaciones del estado de las colonias y diseño de estrategias de conservación efectivas.

Esta Guía abarca diversos aspectos clave, comenzando una revisión de los antecedentes ecológicos y de distribución de las especies de golondrinas de mar en la Región de Tarapacá y norte de Chile (Capítulo 2), además de sus amenazas y cómo abordarlas en el marco del Sistema de Evaluación Ambiental (Capítulo 3). Posteriormente, se propone una metodología para la detección y estudio de colonias reproductivas en el norte de Chile (Capítulo 4), y se muestran diferentes métodos para el seguimiento y monitoreo de estas colonias (Capítulo 5). Finalmente, entregamos recomendaciones a investigadores/as y

profesionales que desempeñen actividades en sitios de nidificación para disminuir riesgos personales y a las colonias (Capítulo 6).

A través de la implementación de esta guía, se espera generar conocimientos científicos actualizados sobre las golondrinas de mar en el norte de Chile, así como contribuir a la conservación de estas aves y sus hábitats. Además, se busca fomentar la colaboración entre investigadores, instituciones y organizaciones locales para el monitoreo y protección de estas especies. Finalmente, la Guía Metodológica para el estudio y monitoreo de golondrinas de mar en el norte de Chile representa una herramienta fundamental para avanzar en el conocimiento y conservación de estas aves marinas, contribuyendo a su protección y la gestión sostenible de los ecosistemas áridos del norte de Chile.

2. ANTECEDENTES DE LAS ESPECIES QUE NIDIFICAN EN LA REGIÓN DE TARAPACÁ

2.1 ORDEN PROCELLARIIFORMES

Los Procellariiformes es un orden de aves marinas, organismos principalmente pelágicos debido a que pasan más de la mitad de sus vidas en el mar y sólo se aproximan a tierra firme para su reproducción (Brown, 1980; Haney & Solow, 1992; Schreiber & Burger, 2002). Como otras especies marinas, las aves pelágicas tienden a tener gran movilidad y una amplia distribución (Harrison, 1983) lo que les permite un mejor aprovechamiento de los recursos alimenticios pelágicos que obtienen en o cerca de la superficie del mar.

Son un grupo de aves monógamas, las cuales forman fuertes vínculos que pueden continuar durante toda su vida. Presentan fuerte filopatría, retornando al mismo sitio de anidación durante varios años (Fisher 1976, Ovenden et al. 1991, Mougouin 1996, Rabouam et al. 1998). El período de incubación de este orden varía según la especie, en los pequeños petreles dura alrededor de 40 a 60 días, y entre 70 a 80 días, para los grandes albatros (Boersma et al. 1980, Brooke 2004, Ayala 2007). Como aves marinas, se caracterizan por depender completamente de los recursos que provee el mar (Furness & Monaghan, 1987).

Allí pasan la mayor parte de su vida, siendo el periodo reproductivo el único momento en el que entran al continente o porciones de este (islas o islotes) para llevar a cabo su reproducción (Furness & Monaghan, 1987; Schreiber & Burger, 2001). Durante el periodo reproductivo, los viajes se realizan solo a zonas cercanas a la ubicación de las colonias reproductivas debido a que deben volver para realizar las labores propias, como el cuidado del nido, incubación de los huevos o alimentación del polluelo, estas actividades las realizan compartiendo roles del cuidado parental de la progenie con su pareja (Furness & Monaghan, 1987). Una vez terminado este periodo y sin la responsabilidad del cuidado parental, vuelven a realizar viajes de largas distancias sin volver a tierra hasta el próximo periodo reproductivo (Furness & Monaghan, 1987).

2.1.1 FAMILIA HYDROBATIDAE

Hydrobatidae es una familia que forma parte del orden Procellariiformes, esta contiene un solo género (Hydrobates), el cual se compone de 18 especies (Winkler et al., 2020a). Tradicionalmente se dividía en dos grupos, Hydrobatidae, quienes se reproducen en el hemisferio norte y Oceanitidae los cuales se reproducen en el hemisferio sur, sin embargo, estudios revelaron que estas no son taxa hermanas y son parte de una politomía junto con la familia Diomedidae (Hackett et al., 2008; Kennedy, 2002).

Estas golondrinas de mar poseen cráneos y patas más cortas y alas más largas que sus parientes Oceanitidae, durante gran parte del año se encuentran lejos de la costa en mar abierto, anidando generalmente en aisladas islas cerca de la costa las cuales ofrecen espacios entre las rocas o suelo en el cual hacer madrigueras (Winkler et al., 2020a). Para alimentarse, vuelan a ras de la superficie del mar, cazando zooplancton, peces y crustáceos pequeños con el pico. La probabilidad de hallarlas tanto en aguas oceánicas como costeras guarda relación con la plasticidad que tiene en su dieta. Se ha observado que su dieta durante la reproducción puede variar entre un año y otro mostrando predominancia de presas oceánicas o pelágicas (García-Godos et al., 2012). Son de hábitos monógamos, formando lazos a largo plazo con una sola pareja con la cual visitan el mismo nido año tras

año (Winkler et al., 2020a). La hembra pone un solo huevo en cada temporada, el cual tardará en promedio 50 días en eclosionar. Con el macho comparte todas las labores de construcción y mantenimiento del nido junto con la crianza del polluelo. De las 18 especies pertenecientes a la familia, sólo tres hasta ahora se han registrado en el norte de Chile.

GÉNERO HYDROBATES

GOLONDRINA DE MAR NEGRA (*Hydrobates markhami*)

La golondrina de mar negra se distribuye en aguas tropicales y pelágicas del océano Pacífico, desde Centroamérica hasta el norte de Chile, siendo una especie endémica del sistema de corrientes de Humboldt (Pyle, 1993). Estas nidifican en cavidades y fisuras naturales a nivel del suelo en costrones salinos de las regiones del norte de Chile (Barros et al., 2019; Medrano et al., 2019; Torres-Mura & Lemus, 2013), en donde se han identificado colonias reproductivas. Dichas colonias se ubican en los sectores de Pampa Chuño, La Higuera, Chaca y Camarones en la región de Arica y Parinacota (Barros et al., 2019; Medrano et al., 2019; Torres-Mura & Lemus, 2013), en Pampa Tana, el Salar de Quiuña-Jarza, Caleta buena, El Carmen Norte, Pampa Hermosa y el Salar Grande en la región de Tarapacá (Barros et al., 2019; Malinarich & Vallverdú, 2019; Medrano et al., 2019) y en el Río Loa y el Salar de Navidad en la región de Antofagasta (Medrano et al., 2019).

Las colonias ubicadas en Arica y Quiuña-Jarza exhiben la misma cronología reproductiva, extendiéndose el periodo de reproducción desde abril hasta febrero, siendo diciembre el mes en el que se puede observar la mayor cantidad de volantones. Las colonias ubicadas en Tarapacá y Antofagasta, sin embargo, inician su ciclo reproductivo en agosto, con la llegada de adultos a las cavidades, concluyendo en entre los meses de mayo y junio, observándose la mayor cantidad de volantones durante el mes de abril (Figura 1). Esta diferencia en los *peaks* de ocurrencia de volantones sugiere la presencia de dos poblaciones (Barros et al., 2019). Por otro lado, la actividad diaria de la especie es fundamentalmente nocturna, observándose que la mayor parte de los registros detectados por cámaras trampa ocurrieron durante las horas de la noche y madrugada, entre las 20 y 05 horas (Figura 2).

Al descubrirse las grandes colonias reproductivas presentes en el desierto de Atacama (Schmitt, 2015; Barros et al. (2019), la población mundial de *H. markhami* fue estimada en circa 50.000 – 60.000 parejas reproductivas (Barros et al., 2019; Medrano et al., 2019; Schmitt et al., 2015), esto equivale a 100.000-120.000 individuos maduros o 150.000-180.000 individuos en total. Esto llevó a la IUCN a declarar que la población mundial de esta especie tiende a la baja (BirdLife International, 2019b).

Su estado de conservación actual de acuerdo con el Ministerio del Medio Ambiente es “En Peligro”, mientras que de acuerdo con la IUCN se encuentra “Casi Amenazada” (*Nearly Threatened*) (BirdLife International, 2019b; Ministerio del Medio Ambiente, 2022).

GOLONDRINA DE MAR DE COLLAR (*Hydrobates hornbyi*)

La golondrina de mar de collar se ha registrado latitudinalmente desde el límite sur de Ecuador hasta el norte de Chile y longitudinalmente desde la costa hasta entre 30 y 500 km mar adentro. Considerada una especie endémica del sistema de corrientes de Humboldt y en Chile observada desde el límite norte del país hasta el mar adyacente a la región de Atacama (Barros et al., 2018). Esta especie nidifica en cavidades naturales que se encuentran en los costrones salinos con depósitos de yeso (Barros et al., 2018) y existe una sola colonia registrada hasta ahora, ubicada en la localidad de la Pampa del Indio Muerto, en la región de Atacama (Barros et al., 2018), donde también se han registrado nidos de *O. gracilis gracilis* sin embargo, se han encontrado también, nidos solitarios en las localidades de Quiña, el Salar Grande y el río Loa, en la región de Tarapacá, y en el Salar de Navidad en la región de Antofagasta, en esta última localidad también registrándose juveniles de forma recurrente, por lo que no se ha descartado la posibilidad de una colonia sin describir (Malinarich & Vallverdú, 2019; Medrano et al., 2019). Actualmente no hay claridad con respecto a las fechas reproductivas de esta especie, sin embargo, se sospecha que podría ser entre los meses de noviembre y enero, debido a reportes de nidos con huevos durante

esas fechas (Barros et al., 2018; Medrano et al., 2019). De acuerdo con Medrano et al., (2019) la población de *H. hornbyi* en Chile alberga 7.919 individuos, sin embargo, Spear & Ainley (2007) estimaron su tamaño entre los 637.000 y 1.011.900 individuos basándose en conteos en mar abierto. Según la evaluación de la IUCN, sin embargo, la tendencia de esta población en particular está en descenso. La categoría de conservación vigente en Chile es “Vulnerable” (Ministerio del Medio Ambiente, 2022). A nivel global está clasificada “Casi Amenazada” (BirdLife International, 2019a).

GOLONDRINA DE MAR PERUANA (*Hydrobates tethys*)

Se describen dos subespecies de golondrina de mar peruana, *H. tethys tethys*, la cual anida en Galápagos y *H. tethys kellsalli*, que se reproduce en las islas de Perú y Chile (Bernal et al., 2006). En Chile existe solo una colonia reproductiva de *H. tethys kellsalli* registrada en el sector de Isla Grande en la región de Atacama, pero a partir de un registro de volantones en la Aduana EL Loa (en el límite entre las regiones de Tarapacá y Antofagasta) se sospecha de una posible colonia en esa latitud ya sea en alguna isla o en el desierto interior (Bernal et al., 2006). Esta especie anida en cavidades de las rocas o bajo arbustos (Medrano et al., 2021)). Los nidos se encuentran en cuevas o grietas de aproximadamente 15 cm de apertura y 15 – 30 cm de profundidad (Ayala & Sanchez-Scaglioni, 2007). Los nidos en la colonia de Isla Grande se pueden encontrar en grupos dispersos de diez nidos, a nivel del suelo o en las laderas de las quebradas y estos pueden reconocerse por las marcas de guano en las entradas, los nidos de esta especie se encuentran junto a los nidos del Yunco de Humboldt (*Pelecanoides garnotii*) y de pingüino de Humboldt (*Spheniscus Humboldti*) (Luna 2018). La postura de huevos ocurre en diciembre, con los volantones saliendo del nido entre los meses de marzo y abril (Bernal et al., 2006; Luna, 2015).

La población global de *H. tethys* se estima entre 628.000 – 1.136.900 individuos a partir de conteos en mar abierto, sin embargo, la única colonia conocida en Chile contaba con solo 100 individuos maduros. En su última revisión, la IUCN declaró que la población mundial de *H. tethys* presentaba una tendencia al descenso. Su categoría de conservación vigente en

Norte Andino EIRL.

Chile es “Vulnerable” (Ministerio del Medio Ambiente, 2022). A nivel global se considera como “Preocupación menor” (BirdLife International, 2018a).

2.1.2 FAMILIA OCEANITIDAE

Oceanitidae es una familia dentro del orden Procellariiformes, que comprende nueve especies distribuidas en cinco géneros, originalmente clasificada como una subfamilia dentro de Hydrobatidae, la cual incluía a todas las golondrinas de mar (Winkler et al., 2020b). Hoy en día, basándose en estudios morfológicos y de filogenia molecular es considerada una familia hermana del resto de las otras familias que componen Procellariiformes (Hackett et al., 2008; Kennedy, 2002), independiente de cómo se clarifiquen estas relaciones en el futuro, está claro que Oceanitidae e Hydrobatidae deberían ser tratadas como familias separadas.

Los integrantes de esta familia son golondrinas que habitan el mar abierto y pueden ser observadas siguiendo barcos o cetáceos (Winkler et al., 2020b), durante gran parte del año habitan exclusivamente el ambiente pelágico, pero en la época reproductiva generalmente, anidan en pequeñas islas cerca de la costa, en los espacios entre las rocas o cavando madrigueras (Winkler et al., 2020b). Los miembros de esta familia son monógamos, a menudo manteniendo parejas de largo plazo. La mayoría de los detalles de su biología reproductiva son mejor conocidos por la familia Hydrobatidae y son probablemente muy similares (Winkler et al., 2020b, 2020a). De los cinco géneros que componen esta familia, solo uno se ha registrado hasta ahora en Chile, con una sola especie representante, *Oceanites gracilis*.

GÉNERO OCEANITES

GOLONDRINA DE MAR CHICA (*Oceanites gracilis*)

Se han descrito dos subespecies para *Oceanites gracilis*, *O. gracilis galapagoensis* y *O. gracilis gracilis*, de las cuales sólo esta última nidifica en Chile, distribuyéndose a lo largo de

la corriente de Humboldt, habitando las costas de Chile, Perú y Ecuador (Spear & Ainley, 2007). A pesar de que *O. gracilis gracilis* es una especie bastante común en los lugares en los que se registra, el conocimiento sobre su biología reproductiva es más bien rudimentario. En Chile, se han registrado colonias reproductivas cuyos nidos poseen distintas características. En la localidad de Pampa Hermosa en la Región de Tarapacá, la colonia se ubica en un costrón salino que ofrece abundantes cavidades naturales, los cuales comparte con *Hydrobates markhami* (Malinarich & Vallverdú, 2019). En Tocopilla, región de Antofagasta, los nidos se encuentran en un área de lomas costeras con pequeñas quebradas secas, donde abundan cavidades excavadas por otras aves. En Sierra Miranda, también en la región de Antofagasta, se encontró un nido bajo un pequeño costrón salino. En el sector Pampa del Indio Muerto en la región de Atacama, donde prevalece una colonia de *H. hornbyi*, los nidos están en una pampa sin costrones de sal evidentes, pero con cavidades naturales producto de la existencia de depósitos de yeso.

Finalmente, los nidos en Isla Chungungo en la región de Coquimbo están en grietas de roca o espacios hueco bajo las rocas, a veces cubiertas por matorrales. Las cavidades poseen entradas de no más de 10 cm de apertura y una longitud que oscila entre los 40 y los 150 cm (Barros et al., 2020), se ha registrado además que también nidifican en ambientes desérticos entre 7 y 75 km tierra adentro (Barros et al., 2020; Malinarich & Vallverdú, 2019). Basándose en la ocurrencia de volantones solamente, se podría inferir que existe un patrón bimodal de reproducción, con un grupo reproduciéndose entre los meses de mayo y agosto, y otro grupo entre noviembre-enero y marzo-abril (Barros et al., 2020). A pesar de que Brooke (2004) estima una población de 300.000 individuos maduros, Spear & Ainley (2007) estiman una población de entre 343.000 y 1.026.000 basándose en conteos en mar abierto. En Pampa Hermosa se conocen 14 nidos y en isla Chungungo apenas 11, aunque se estima que este islote podría alcanzar al menos los 100 nidos (Barros et al., 2020). Al haber falta de información, la IUCN en su revisión del estado de conservación de *O. gracilis*, señaló que la población mundial de esta especie presenta una tendencia desconocida. Se encuentra clasificada en Chile y a nivel global como “Datos insuficientes” (BirdLife International, 2018b; Ministerio del Medio Ambiente, 2022).

2.2 DIETA Y HÁBITAT

2.2.1 DIETA

Los estudios trabajos sugieren que las golondrinas de mar del Pacífico se alimentan de diversas presas, siendo los peces el principal componente de su dieta. García-Godos et al., (2002), quienes estudiaron la dieta de *H. markhami* por 10 años, reportaron que la principal presa de esta especie corresponde a pescado, específicamente la anchoveta (*E. ringens*), y que los cefalópodos fueron su segunda presa más importante. Esta caracterización es consistente con los resultados de esta misma clase de estudio realizados con otras especies de golondrinas de mar. Sin embargo, es muy probable que la dieta de *H. markhami* refleje la disponibilidad de comida en el océano y la especie sea más bien de hábitos oportunistas. García-Godos et al., (2002) lo ejemplifican refiriéndose al cambio de bacaladillo y langostino colorado (especies asociadas a aguas frías) al pez linterna (myctofido asociado a aguas cálidas) como ítems principales en la dieta de *H. markhami* que ocurrió durante el evento el Niño de 1997/98.

Carreiro (2020) utilizó técnicas moleculares, análisis de isótopos estables y geolocalizadores para estudiar la dieta de las golondrinas de mar en Portugal y encontró que su dieta está dominada por peces, siendo Gadidae la principal familia de presas (peces como el bacalao). Quillfeldt (2001) analizó la dieta de las golondrinas de Wilson en las islas Shetland del Sur y descubrió que el krill era el alimento más importante, seguido de los peces mictófidos y los anfípodos. Carreiro (2022) utilizó metabarcodificación para identificar los elementos de la dieta a partir de muestras fecales de dos especies de golondrinas de mar y descubrió que se alimentan principalmente de peces mictófidos, con diferencias en las especies de presas consumidas por las distintas poblaciones y entre pollos y adultos.

2.2.2 CARACTERÍSTICAS OLFATIVAS

Las golondrinas de mar tienen un fuerte sentido del olfato y lo utilizan para varios propósitos, incluyendo la búsqueda de alimento, el regreso a casa y el reconocimiento de la pareja. Jennings 2020 observó que las golondrinas de mar de Leach tienen marcas químicas distintivas que podrían facilitar el reconocimiento olfativo de los individuos e informar sobre las decisiones de elección de pareja. O'Dwyer 2008 descubrió que las crías de golondrinas de mar de Leach prefieren el olor del material de su propio nido, lo que indica el desarrollo del reconocimiento individual. Jouventin 2007 descubrió que las golondrinas de mar de Wilson reconocen la marca olfativa de su pareja, lo que sugiere que el reconocimiento olfativo de la pareja puede estar muy extendido en los petreles de madriguera. Por último, Clark 1992 descubrió que las golondrinas de mar de Leach tienen un agudo sentido del olfato y lo utilizan para localizar comida, pero se desconoce a qué distancia de la fuente pueden detectar los olores. En general, estos trabajos sugieren que el fuerte y almizclado olor de las golondrinas de mar puede cumplir varias funciones relacionadas con el reconocimiento individual y la elección de pareja.

2.2.3 HÁBITAT Y SUSTRATO

2.2.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL HÁBITAT

El área de emplazamiento de los nidos de golondrinas de mar en la región de Tarapacá se ubica mayoritariamente en un clima clasificado como Desértico costero con nublados abundantes en el piso vegetal de Desierto tropical interior con vegetación escasa, ubicadas en áreas tropicales costeras hiperáridas con influencia de neblinas principalmente de tipo advectiva y orográfica (Luebert y Plissock, 2017).

La información disponible en el Mapa Geológico de Chile (Sernageomin, 2003) permite observar que en los sitios de nidificación predominan las unidades de secuencias sedimentarias continentales aluviales (OM1c), compuestas por conglomerados, areniscas, lutitas, calizas y mantos de carbón, seguida por secuencias volcánicas continentales y marinas (J3i), conformadas por lavas y aglomerados basálticos a andesíticos, tobas riolíticas, con intercalaciones de areniscas, calizas marinas y conglomerados continentales (Figura 3).

Hacia el sector norte de la región de Tarapacá, se observa que en los sectores de Jarza y Quiuña predominan las secuencias sedimentarias de abanicos aluviales, pedimento o fluviales (M1c) correspondientes a gravas, arenas y limos con ignimbritas intercaladas; mientras que en Salar Grande los depósitos evaporíticos (MQs), compuestos por sulfatos, cloruros, carbonatos y niveles detríticos finos, localmente con bórax y/o litio - salares-, abarcan la mayor superficie, sin embargo, este no representa el ambiente predominante de la localización de los nidos registrados para golondrina de mar. La mayor parte de los nidos de golondrinas de mar en la región se ubican sobre unidades geomorfológicas correspondientes a Secuencias sedimentarias y una pequeña porción en las unidades de Depósitos evaporíticos. De esta manera, si bien la literatura describe que los sitios de nidificación se encuentran asociados a salares, estos se encuentran en unidades geomorfológicas diferentes que pueden ubicarse en sus bordes o cercanos a éstos (Sernageomin, 2003).

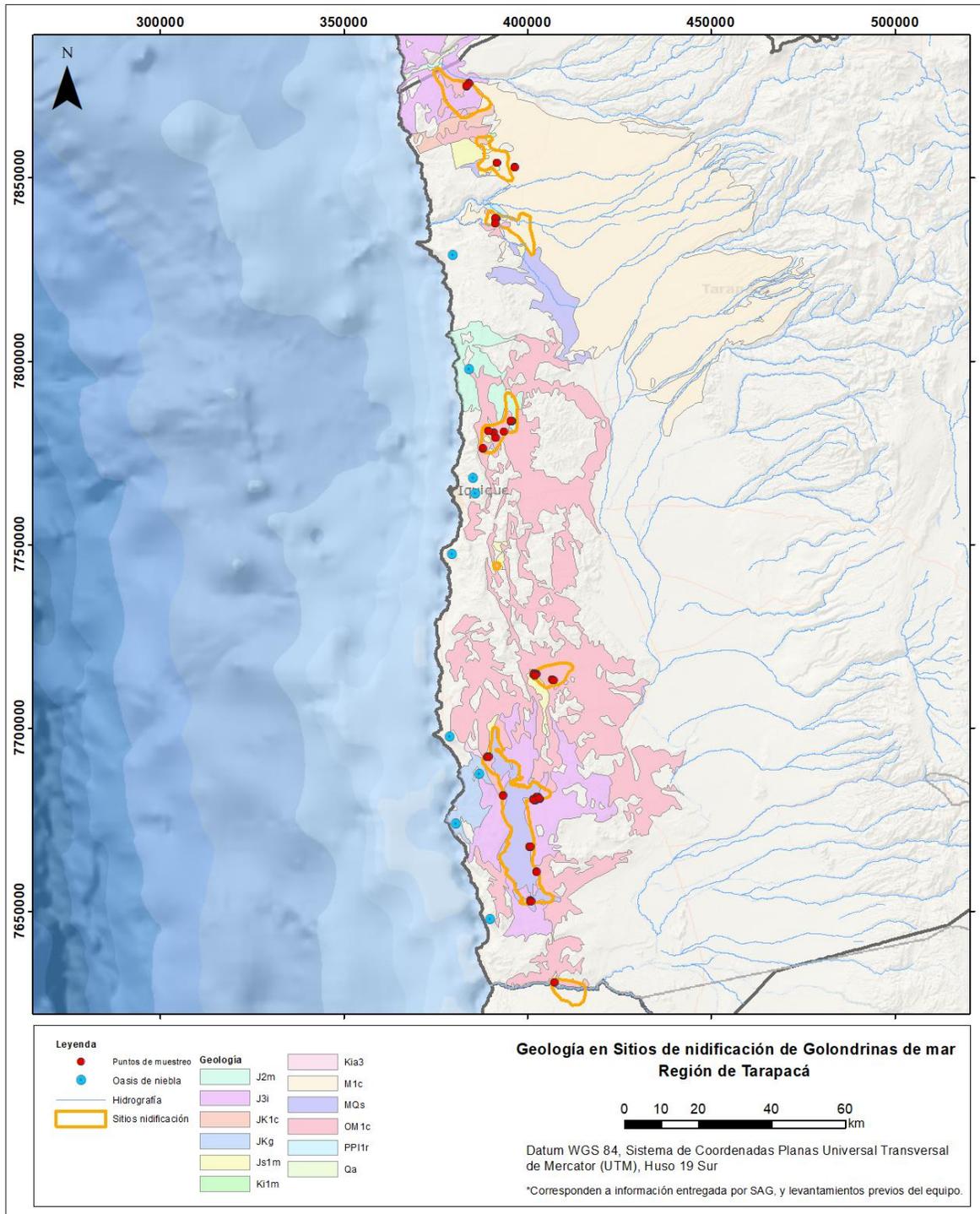


Figura 3. Geología en sitios de nidificación de golondrinas de mar en la Región de Tarapacá. Fuente: Norte Andino EIRL.

Por otro lado, la nomenclatura geológica de Sepúlveda et al., (2014) y Vázquez et al., (2018), permiten señalar que la mayor parte de los nidos georreferenciados se ubican sobre la unidad de Gravas de Alto Hospicio, las que corresponden a una secuencia de gravas bien consolidadas y areniscas de origen aluvial, con algunas intercalaciones de cenizas fuertemente cementada por sales solubles. El informe de Geología y suelos salinos de Alto Hospicio (Sernageomin, 2018), señala que la fuerte cementación de esta unidad geológica (Gravas de Alto Hospicio) puede ser explicada debido al transporte de aguas subterráneas ocurridas principalmente por fracturas y estructuras de orientación este-oeste que ha generado el desarrollo de grietas. Además, señala que estas fracturas se asocian a la contracción y expansión del depósito más superficial, debido a las variaciones en el volumen de las sales contenidas como respuesta a cambios bruscos de temperatura y humedad. Estas características geomorfológicas podrían explicar la existencia de sectores con mayor presencia de cavidades o con tendencia a la formación de estas, lo cual estaría favoreciendo la disponibilidad de hábitat para la reproducción de golondrinas de mar.

2.2.3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SUSTRATO

La localización de los nidos de golondrinas de mar (Hydrobatidae) en la Región de Tarapacá muestra una tendencia a ubicarse sobre sitios con sustratos de tipo estructurados, bien sedimentados y con una tendencia moderada y alta al encostramiento. En base a los trabajos publicados, no existe información directa sobre las características físicas de los nidos de las golondrinas de mar en el norte de Chile. Sin embargo, algunos estudios han proporcionado información sobre el comportamiento de nidificación y las adaptaciones de estas aves marinas en regiones desérticas. A continuación, algunas características físicas que se han observado:

- a. Entrada a la cavidad: La entrada al nido suele ser un pequeño agujero o túnel, a menudo situado en zonas arenosas o rocosas. El tamaño de la entrada puede variar según la especie y el tamaño del ave (Figura 4).
- b. Estructura de la cavidad: Las madrigueras de las golondrinas de mar en entornos desérticos suelen estar excavadas en el suelo arenoso o suelto. Las madrigueras

pueden extenderse horizontalmente o inclinarse hacia abajo, proporcionando protección y aislamiento frente a temperaturas extremas y posibles depredadores (Wakelin et al., 2013).

- c. Cámara del nido: Dentro de la cavidad, las golondrinas de mar crean una cámara nido donde ponen sus huevos y crían a sus polluelos. La cámara del nido suele ser una cavidad o depresión más grande, en algunos casos forrada con materiales blandos como plumas para proporcionar aislamiento y comodidad (Figura 5).
- d. Ubicación del nido: Las golondrinas de mar pueden elegir lugares de nidificación con cavidades en zonas protegidas, como rocas o dentro de dunas de arena, para proporcionar protección adicional frente a las duras condiciones del desierto. Es importante señalar que las características físicas de los nidos en madriguera pueden variar entre las distintas especies de golondrinas de mar y sus adaptaciones específicas a los entornos desérticos.

BORRADOR



Figura 4. Apertura de nido de golondrina de mar (*Hydrobatidae*). Fuente: Norte Andino EIRL.



Figura 5. Cámara al interior del nido de golondrina de mar (*Hydrobatidae*), donde se observa una pequeña depresión con un huevo en el centro. Fuente: Norte Andino EIRL.

En cuanto a las características del sustrato, los nidos pueden encontrarse sobre diferentes tipos de sustratos, dominando los de tipo más arenoso y los encontrados (Figura 6).



Figura 6. Tipos de sustratos arenosos (a la izquierda) y encostrado (a la derecha) donde se pueden encontrar nidos de golondrinas de mar (Hydrobatidae). Fuente: Norte Andino EIRL.

Sustrato arenoso: Corresponde a una superficie con limo y arenisca, donde no se observa presencia de rocas. Pueden existir afloramientos salinos cercanos al nido (Figura 7).



Figura 7. Sustrato arenoso correspondiente al sitio de nidificación de golondrinas de mar (Hydrobatidae) en Alto Loa. Fuente: Norte Andino EIRL.

Sustrato mixto: Presenta limo y arena superficial, sobre roca salina consolidada, se pueden observar además sectores con presencia de cal, y pequeñas costras salinas y rocas de diferentes tamaños. No presenta encostramiento en la mayoría de los puntos (Figura 8).



Figura 8. Nido de golondrina de mar (*Hydrobatidae*) sobre tipo de sustrato mixto en sitio de nidificación de Pampa Hermosa. Fuente: Norte Andino EIRL.

Sustrato encostrado: superficies de borde de salar con presencia de limos con arenas endurecidas sobre costras sal o de cal, además de afloramientos salinos (Figura 9).



Figura 9. Nido de golondrina de mar (*Hydrobatidae*) ubicado sobre tipo de sustrato encostrado en sitio de nidificación de Salar Grande. Fuente: Norte Andino EIRL.

2.3 DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES DE GOLONDRINAS DE MAR EN LA REGIÓN DE TARAPACÁ

Actualmente, según la información disponible para la región de Tarapacá, existen 8 sitios de nidificación identificados por SAG Tarapacá, los que se observan en la Figura 10, y que presentan un total de 3.872 nidos, distribuidos en su mayoría en Salar Grande (2.763), seguido por Caleta Buena (923), Jarza (71), Pampa hermosa (70), Quiuña (21), Chiza (10), Alto Loa (10), y El Carmen Norte (2).

La caracterización de los dos sitios reproductivos con mayor presencia de nidos demuestra que ambos poseen una extensión que contiene una alta diversidad de hábitats y tipos de sustratos. A su vez, su ubicación cercana a actividades mineras y de zonas de basurales clandestinos, las dejan especialmente expuestas a los efectos que estas actividades humanas generan. Por tanto, es necesario desarrollar un especial esfuerzo en monitorear exhaustivamente estos sitios, no solo por su importancia ecológica y representatividad, sino por su vulnerabilidad.

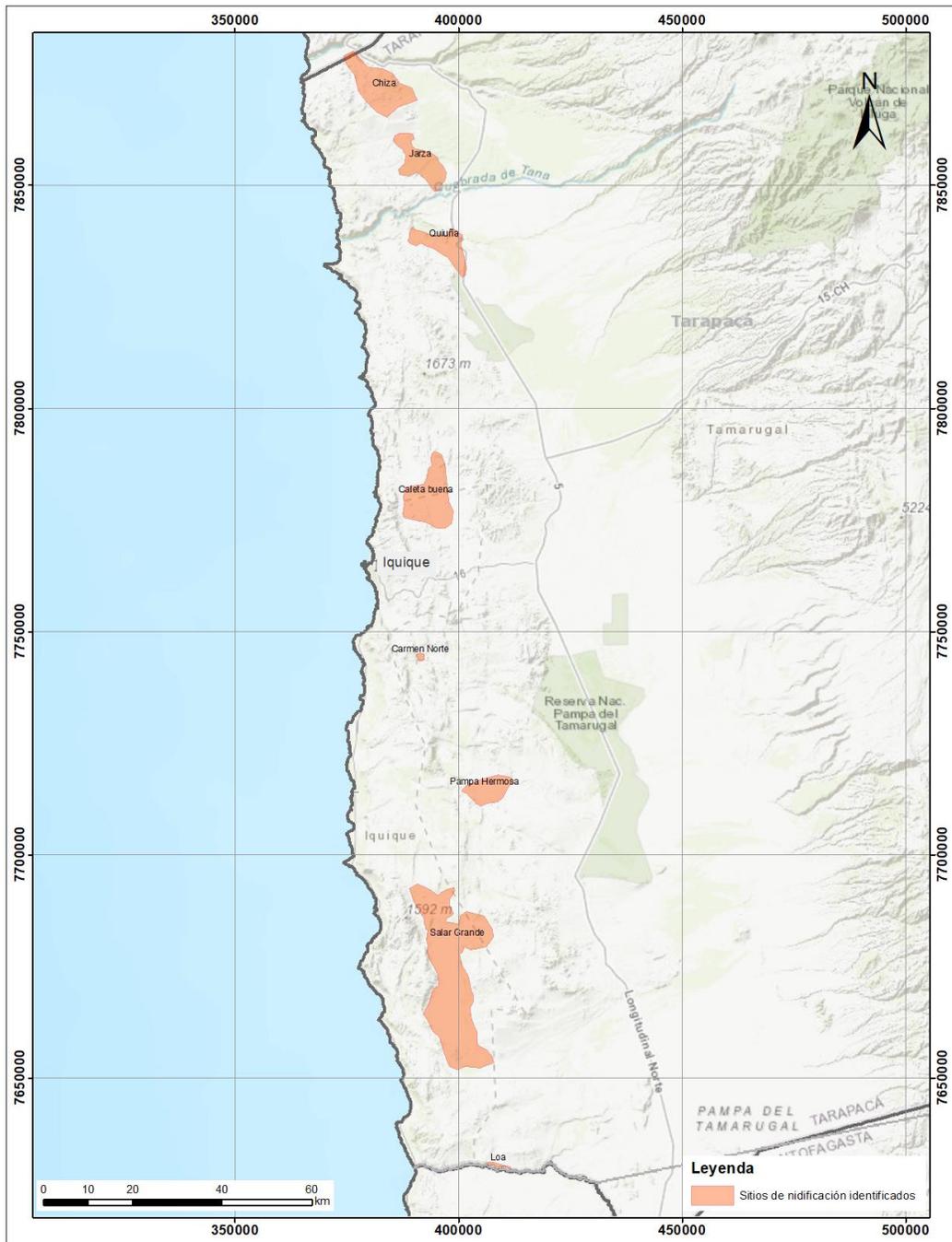


Figura 10. Sitios de nidificación identificados para golondrinas de mar (*Hydrobatidae*) en la Región de Tarapacá. Fuente: Norte Andino EIRL., con base en los sitios de nidificación reportados por SAG Tarapacá.

3. AMENAZAS A LAS ESPECIES Y SITIOS REPRODUCTIVOS EN LA REGIÓN DE TARAPACÁ

3.1 AMENAZAS GENERALES

Diversos estudios (Torres-Mura y Lemus, 2013; Rodríguez et al., 2019; Barros et al., 2020) identifican las diversas amenazas que están afectando la supervivencia y poblaciones de golondrinas de mar de la familia Hydrobatidae, de las cuales, las especies que nidifican en Chile, no se encuentran exentas:

- Pérdida de hábitat: La degradación y pérdida de hábitats marinos y costeros son preocupaciones importantes para las golondrinas de mar. La construcción de infraestructuras costeras, el desarrollo turístico, la contaminación y la urbanización pueden alterar y destruir los lugares de anidación y alimentación de estas aves.
- Cambio climático: El cambio climático representa una amenaza significativa para las golondrinas de mar. Los cambios en los patrones de temperatura, los eventos climáticos extremos y el aumento del nivel del mar pueden afectar la disponibilidad de alimento y perturbar los ciclos de reproducción y migración de las aves marinas.
- Contaminación marina: La contaminación por petróleo, productos químicos y desechos plásticos es una amenaza grave para las golondrinas de mar. Estos contaminantes pueden afectar directamente a las aves, ya sea a través de la ingestión o el contacto con sustancias tóxicas, y también pueden alterar su hábitat y la disponibilidad de presas.
- Interacciones con la pesca: Las golondrinas de mar a menudo interactúan con las actividades pesqueras, lo que puede representar una amenaza para su supervivencia. La captura incidental en redes de pesca, la competencia por recursos

alimentarios y la interferencia con los lugares de anidación debido a la presencia humana son algunos de los desafíos asociados con la pesca.

- Depredación y competencia: Algunas especies introducidas, como gatos y ratas, pueden depredar sobre los huevos y polluelos de las golondrinas de mar, afectando negativamente sus poblaciones. Además, la competencia con otras especies de aves marinas por recursos alimentarios también puede ser una amenaza.

Más específicamente, el Plan de Recuperación, Conservación y Gestión de las Golondrinas de Mar del Norte de Chile (RECOGE; MMA 2022) identifica diversas intervenciones directas que afectan el sustrato de anidación y las rutas de vuelo hacia el mar de las aves:

- Presencia de caminos, como la Ruta 5 y la Ruta A-31, así como caminos secundarios que atraviesan las colonias de las aves. Estos caminos pueden degradar las áreas con cavidades utilizadas para anidar.
- Basura arrastrada desde los caminos, especialmente latas y botellas plásticas, que pueden bloquear la entrada a las cavidades. Incluso a varios kilómetros de distancia de las carreteras, la basura puede ser transportada por el viento y representar un obstáculo para las aves.
- Ejercicios militares que implican el movimiento de tanques y pruebas de bombas. Estas actividades pueden destruir el sustrato salino y causar el colapso de las cavidades utilizadas por las aves.
- Líneas de transmisión eléctrica que atraviesan las colonias de las aves. Estas líneas pueden destruir el sustrato debajo de las torres y generar un riesgo de colisión para las aves en vuelo.
- Actividades relacionadas con minas, plantas de energía e instalación de caminos. Estas actividades tienen un impacto directo en la destrucción del sustrato salino utilizado por las aves.

Además de estas intervenciones directas, se ha señalado que la contaminación lumínica representa una amenaza importante. Principalmente, los volantones de estas especies se ven atraídos hacia fuentes de iluminación artificial. Este fenómeno ocurre en gran medida

en áreas con alumbrado público y proyectos industriales cercanos a las colonias, así como en ciudades ubicadas a varios kilómetros de distancia. Incluso hay sectores iluminados dentro de las rutas de vuelo entre el mar y los sitios de anidación.

3.2 PROYECTOS Y SUS IMPACTOS

El Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (MMA 2012) define el impacto ambiental como la modificación del entorno, causada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en una determinada área. Según el Reglamento, los impactos ambientales se considerarán significativos cuando produzcan o presenten alguno de los efectos, características o circunstancias descritas en el artículo 11 de la Ley, tal como se establece en el Título II del propio Reglamento.

Para evaluar el impacto de un proyecto en una colonia reproductiva de golondrinas de mar en Chile, se deben seguir algunos pasos clave:

- Establecer una línea de base: Realizar una descripción detallada del área de influencia de la colonia reproductiva de golondrinas de mar. Esto implica caracterizar el ecosistema terrestre, así como recopilar datos sobre la población y el comportamiento de las golondrinas de mar en el área.
- Identificar los posibles impactos: A partir de la información recopilada en la línea de base, es importante identificar los posibles impactos que el proyecto podría tener en la colonia reproductiva de golondrinas de mar. Esto puede incluir la destrucción o alteración del hábitat de anidación, la perturbación de las rutas de vuelo o la alteración de la disponibilidad de alimento.
- Evaluar los efectos potenciales: Una vez identificados los posibles impactos, es necesario evaluar sus efectos potenciales sobre la colonia de golondrinas de mar. Esto implica considerar factores como la viabilidad reproductiva, la calidad del hábitat y la capacidad de las aves para realizar sus ciclos de vida naturales.
- Utilizar métodos adecuados: Para evaluar los impactos de manera precisa, es fundamental utilizar métodos y técnicas apropiadas. Esto puede incluir el monitoreo

directo de las aves, el análisis de datos de anillamiento, el uso de tecnología de seguimiento satelital o el estudio de los patrones de comportamiento de las golondrinas de mar.

- Considerar la fenología de las especies: La fenología, es decir, los ciclos de vida y las temporadas de reproducción de las golondrinas de mar, debe ser tomada en cuenta al evaluar el impacto de un proyecto. Esto implica realizar las evaluaciones en momentos clave del ciclo de vida de las aves, como la época de anidación o la migración.
- Realizar un seguimiento continuo: Una vez que el proyecto esté en marcha, se debe llevar a cabo un seguimiento continuo de los impactos identificados y evaluados. Esto permite ajustar las medidas de mitigación, reparación y compensación, y monitorear la respuesta de la colonia reproductiva de golondrinas de mar a lo largo del tiempo.

Es importante destacar que la evaluación del impacto de un proyecto en una colonia reproductiva de golondrinas de mar en Chile requiere de la participación de expertos en avifauna y conservación del medio ambiente, así como de la consulta y consideración de la normativa ambiental vigente.

3.3 IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

El Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (MMA 2012) define al área de influencia como: “El área o espacio geográfico, cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley, o bien para justificar la inexistencia de dichos efectos, características o circunstancias”.

La estimación del área de influencia de un proyecto en las colonias de golondrinas de mar en Chile es un proceso que requiere considerar varios factores y técnicas, se recomienda revisar la Guía para la descripción del área de influencia: Área de influencia en el Sistema

de Evaluación de Impacto Ambiental, publicada por el SEA el año 2017. A continuación, se presentan algunos pasos para realizar esta estimación:

- Identificar las colonias de golondrinas de mar: Lo primero es determinar las colonias de golondrinas de mar que podrían verse afectadas por el proyecto. Esto se puede lograr a través de la revisión de estudios previos, registros de avistamientos y análisis de información geoespacial.
- Analizar la dispersión de las golondrinas de mar: Las golondrinas de mar tienen rutas de vuelo específicas y áreas de alimentación. Es importante comprender estos patrones de dispersión para estimar el área de influencia del proyecto. Se pueden utilizar datos de seguimiento satelital, observaciones de campo y modelos de dispersión para identificar las áreas utilizadas por las golondrinas de mar.
- Considerar la distancia de impacto: La distancia hasta la cual el proyecto puede tener un impacto en las colonias de golondrinas de mar puede variar según el tipo de proyecto y las características específicas de las aves. Es necesario evaluar estudios científicos previos y la literatura disponible para determinar la distancia a la que se pueden producir cambios en el comportamiento, la reproducción o la viabilidad de las colonias.
- Evaluar el hábitat y la conectividad: El hábitat circundante a las colonias de golondrinas de mar y su conectividad con otras áreas de importancia para las aves son factores clave en la estimación del área de influencia. Se debe considerar la calidad del hábitat, la disponibilidad de alimento y la presencia de características que puedan atraer o repeler a las aves, como fuentes de luz o ruido.
- Utilizar herramientas de análisis geoespacial: El uso de herramientas de análisis geoespacial, como sistemas de información geográfica (SIG), puede facilitar la estimación del área de influencia. Estas herramientas permiten integrar datos espaciales y realizar análisis de superposición para identificar las áreas que podrían estar dentro del rango de influencia del proyecto.

Es importante destacar que la estimación del área de influencia es un proceso complejo y requiere la consideración de la normativa ambiental vigente en Chile. En este sentido, resulta relevante tener en consideración los potenciales efectos sinérgicos que podrían afectar a las colonias reproductivas de golondrinas de mar desde diferentes fuentes. En conformidad con lo establecido en el artículo 2° letra h) bis, de la Ley N° 19.300, el efecto sinérgico se define como “aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes supone una incidencia ambiental mayor que el efecto de la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente”. Finalmente, se debe tener en cuenta que cada proyecto y colonia de golondrinas de mar puede presentar características únicas, por lo que los enfoques de estimación pueden variar en cada caso específico.

4. METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO Y SEGUIMIENTO DE COLONIAS REPRODUCTIVAS DE GOLONDRINAS DE MAR

Una colonia de aves es una agregación reproductora caracterizada por muchos individuos que anidan cerca unos de otros, generalmente alimentándose fuera del área de nidificación, y organizada por varios tipos de estimulación social y elementos de comportamiento de bandada y otras características (Kharitonov 1988). La formación de colonias en aves marinas y otras aves acuáticas está muy extendida, pero es relativamente rara en otras aves (Lack, 1966). La formación de colonias en las aves puede estar influida por la búsqueda de cópulas extra-pareja por parte de las hembras (Wagner 1993). La reproducción en colonias es una forma especializada de vida en grupo muy extendida entre los vertebrados, que se da en peces, reptiles, mamíferos y aves, y es la principal forma de organización social del 98% de las especies de aves marinas (Kildaw 2005). Las colonias de aves marinas suelen ser grandes y llamativas, y su hábito colonial favorece los estudios de reproducción y demografía, ya que se pueden recopilar grandes cantidades de datos sin necesidad de buscar nidos muy dispersos (Cairns 1992). El tamaño de las colonias de aves marinas varía en función de la especie y de la zona de reproducción (Branco 2003). La actividad exclusivamente nocturna

de las golondrinas de mar en tierra ha supuesto una seria dificultad para trabajar debido lo crítico de su comportamiento (Davis, 2007).

En la Región de Tarapacá, las especies de golondrinas de mar nidifican en grandes extensiones del Desierto de Atacama, por tanto, la identificación de colonias podría ser extenuante y poco eficiente. Por este motivo, y en base a la experiencia en trabajo de campo, proponemos los siguientes pasos metodológicos para la detección de colonias: (1) búsqueda bibliográfica y recursos electrónicos disponibles, (2) detección de potenciales sitios donde se ubican las colonias y finalmente, (3) la búsqueda de nidos.

4.1 IDENTIFICACIÓN BIBLIOGRÁFICA POTENCIALES SITIOS DE NIDIFICACIÓN

Para la identificación de los sitios de nidificación de las golondrinas de mar, se recomienda realizar una revisión bibliográfica y consultar con expertos en la materia. Se debe establecer un mapa de los sitios de nidificación, identificando su ubicación geográfica y las características de cada sitio (ver Capítulo 2).

Esta etapa es necesaria para poseer un diagnóstico actualizado de las especies de golondrinas de mar que nidifican en la Región de Tarapacá. A su vez, esta etapa facilitará la identificación de las presiones que sufren las especies y, por lo tanto, ayudará a analizar las amenazas. Para llevar a cabo esta etapa se debe realizar una recopilación y sistematización de la información bibliográfica disponible de la especie y de su hábitat. Se revisan artículos científicos, resúmenes de congresos, consultorías, tesis, entre otras, que se encuentren disponibles en bases de datos globales y bibliotecas nacionales.

Entre las bases de datos consultadas se encuentran diferentes instituciones y organizaciones que están sistematizadas en la Tabla 1:

Tabla 1. Bases de datos consultadas para hacer la revisión bibliográfica de la situación de las especies de golondrinas de mar (Hydrobatidae) en la Región de Tarapacá.

	Nombre	Página web
Bases de datos Internacionales para revisión bibliográfica y geográfica.	Web of Science (WoS), integrado en ISI Web of Knowledge	https://www.webofscience.com
	Scopus	https://www.scopus.com
	International Union for Conservation of Nature – IUCN	https://www.iucn.org
	The IUCN Red List of Threatened Species	http://www.iucnredlist.org
	Birds of the world	https://birdsoftheworld.org/
	Birdlife	http://datazone.birdlife.org/
	Ebird	https://ebird.org/
	iNaturalist	https://www.inaturalist.org/
	Avibase	https://avibase.bsc-eoc.org/
Instituciones nacionales con información bibliográfica y geolocalización de especies y colonias.	Ministerio del Medio Ambiente	http://portal.mma.gob.cl
	Servicio Agrícola y Ganadero Región de Tarapacá	http://www.sag.cl
	Red de Observadores de Aves de Chile (ROC)	https://www.redobservadores.cl
	Servicio de Evaluación Ambiental	https://sea.gob.cl
Organizaciones e instituciones locales de rescate y liberación de golondrinas de mar en el norte de Chile.	ONG Golondrina de Mar	@ong.golondrinademar (Instagram)
	Fundación Wayanay	https://wayanay.org/
	Fundación Gaviotín chico	https://www.gaviotinchico.cl/
	Centro Regional de Estudios y Educación Ambiental CREA	http://crea.uantof.cl/

Para la sistematización de los nidos de las diferentes especies de golondrinas de mar, se pueden utilizar los siguientes recursos disponibles:

- Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (ROC), 2022. “Información espacial sobre reproducción de aves marinas en Chile”. Versión 4.1, publicada el 26/07/2022. Disponible en www.redobservadores.cl/golondrinas
- Servicio Agrícola y Ganadero, Región de Tarapacá (SAG), 2022. Informe técnico “Diagnóstico del Estado de las Poblaciones Nidificantes de Golondrina de Mar Negra (*Oceanodroma markhami*) (Salvin 1883) en la Región de Tarapacá.”
- NorteAndino EIRL. 2022. Información espacial de nidos de golondrina de mar en Salar Grande y Pampa Perdiz (Caleta Buena).

Selección de los sitios a muestrear: La selección de los sitios de nidificación que serán muestreados debe ser realizada con base en criterios objetivos y bien definidos. Se pueden utilizar diferentes criterios, como la representatividad de los diferentes tipos de hábitats, la presencia de factores de estrés ambiental o la densidad de nidos. La selección de los sitios debe ser aleatoria o estratificada, según corresponda. Para más detalles consultar en Manual para Evaluación de Línea Base Componente Fauna Silvestre del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

4.2 DETECCIÓN DE COLONIAS

Una vez identificado el sitio donde se requiere realizar la búsqueda de golondrinas de mar, se sugiere realizar una campaña de terreno para detectar señales de ocupación o tránsito, que pudieran dar claves para la ubicación de colonias reproductivas. La detección consiste en la identificación de señales directas e indirectas de la presencia de golondrinas de mar. La detección de potenciales sitios de reproducción se debe realizar durante el periodo reproductivo, preferiblemente durante los dos primeros tercios de la temporada, ya que es cuando los individuos manifiestan mayor actividad. El horario debe responder a la cronología que presenta la especie, es decir, desde el crepúsculo al amanecer.

1. La etapa de detección de potenciales sitios donde se ubican las colonias se debe realizar mediante campañas de terreno diurnas y nocturnas mediante la utilización de

diferentes equipos y metodologías (Tabla 2). Para la localización de colonias reproductivas es fundamental la búsqueda diurna de fecas, carcasas, plumas y cavidades que pudieran estar siendo ocupadas como nidos. Sin embargo, en muchas ocasiones estas señales sólo podrían estar indicando la presencia de un sitio de tránsito de las aves o, en otros casos, estas señales pudieron ser arrastradas por el viento. Por este motivo, luego de un registro diurno de señales indirectas, es necesario un recorrido nocturno por el área.

Tabla 2. Materiales y descripción de la etapa metodológica para el estudio de colonias reproductivas de golondrinas de mar.

Etapa metodológica	Materiales	Descripción
Detección de colonias	Playback mediante parlante	La detección de las colonias o individuos en tránsito se puede realizar mediante la emisión de <i>playbacks</i> , este método consiste en emitir la vocalización de la especie, de tipo “chatter-call”, con el fin de obtener una vocalización de respuesta. Los <i>playbacks</i> pueden ser realizados en cada estación de detección, reproduciendo la vocalización durante un máximo de 3 veces por cada punto, con 3 minutos de espera cada uno (Sutherland et al., 2004). La presencia de individuos será confirmada por la vocalización de la especie en respuesta auditiva al <i>playback</i> y/o visualización nocturna. El uso de este método deberá ser utilizado mediante parlantes para alcanzar un mayor radio de respuesta.
	Linterna	El uso de linternas será útil para atraer individuos que se encuentren cercanos.
	Cámara termal o de visión nocturna	Antes de comenzar la observación, es importante familiarizarse con el funcionamiento y ajuste de los binoculares. A continuación, se debe seleccionar un área

		<p>propicia para la observación de los individuos, como zonas altas del farellón costero por donde potencialmente puedan hacer ingreso las aves. Durante la observación, se recomienda encontrar un punto de observación estratégico con una buena vista del área objetivo. Se debe tener en cuenta que las golondrinas de mar emiten vocalizaciones características, por lo que es importante escuchar atentamente los sonidos y tratar de identificar las especies por sus vocalizaciones. Además, se debe prestar atención a los vuelos y movimientos silenciosos que los individuos podrían realizar. Se deben registrar cuidadosamente las especies observadas, incluyendo detalles sobre su comportamiento, tamaño, dirección de vuelo y características distintiva de vuelo.</p>
<p>Caracterización de las colonias</p>	<p>Cámara de inspección o boroscopio</p>	<p>Las cámaras de inspección o boroscopios son herramientas sumamente útiles para el estudio de nidos en cavidades. La longitud de la cámara permitirá guiarla por el interior de la cavidad en diferentes extensiones.</p> <p>Una vez ingresada la cámara a la cavidad se debe inspeccionar la cavidad en búsqueda de rastros biológicos como plumas, fecas u otros restos. Es relevante cuidar la intensidad de la luz y el tiempo que la cámara se encuentra dentro del nido, ya que podría ser perjudicial para el éxito reproductivo del mismo.</p> <p>Durante la observación, se debe registrar cuidadosamente la actividad de las aves, incluyendo el comportamiento de incubación, la presencia de huevos o polluelos y cualquier otra información relevante. Al finalizar el estudio, se debe retirar el boroscopio con cuidado para evitar causar daños a los nidos.</p>

	<i>Playback</i>	La utilización de <i>playbacks</i> con la vocalización de un adulto de la especie en estudio será útil para reconocer si la cavidad está siendo ocupada como nido. Para este caso, el uso de este método se debe utilizar a volumen moderado en la apertura de la cavidad a explorar.
	GPS	La utilización de GPSs es fundamental para el estudio de las colonias de golondrinas de mar. Para el registro de nidos es relevante tener en cuenta el rango de error de los dispositivos, ya que en sitios con alta densidad de nidos podría provocar solapamiento de mismos.
	Cámaras trampa	Las cámaras trampa son dispositivos automáticos que capturan imágenes o videos cuando se detecta movimiento en su área de cobertura. Para utilizar estas cámaras de manera efectiva en el monitoreo de nidos de golondrinas de mar, se recomienda seguir algunos pasos clave como estimar una buena ubicación frente al nido, dar un adecuado ajuste a la sensibilidad al movimiento y tener en consideración que las condiciones ambientales podrían afectar la toma de imágenes o duración de las baterías.

Durante el recorrido nocturno se deben realizar puntos de observación de individuos mediante la utilización de una linterna que puede resultar ser un buen atrayente de aves y/o mediante la utilización de *playbacks* que pueden ser reproducidos con parlantes (Figura 11). Es relevante que estos métodos sean utilizados restringida y sistemática en cuanto a su intensidad y duración para no causar solape de respuestas y disminuir el estrés de las aves por el disturbio. Una manera menos invasiva de detectar la presencia de colonias es utilizar cámaras de visión nocturna o termales y realizar estaciones de escucha de individuos (Figura 12). Este método puede ser exitoso sobre todo en los dos primeros tercios de la temporada

Norte Andino EIRL.

reproductiva, cuando las aves están más activas y vocalizan más. Finalmente, en muchas ocasiones es posible percibir el olor característico de las golondrinas de mar (durante el día o noche), esta es una excelente señal de la ubicación de un sitio de reproducción se encuentra cercano.



Figura 11. Aplicación de *playback* mediante parlante para la detección de individuos de golondrinas de mar (*Hydrobatidae*) asociados a colonias reproductiva. Fuente: Norte Andino EIRL.



Figura 12. Utilización de visores nocturnos para la observación de golondrinas de mar (Hydrobatidae).

Fuente: Norte Andino EIRL.

4.3 CARACTERIZACIÓN DE NIDOS Y COLONIA

Una vez identificada una colonia reproductiva se debe realizar una observación directa del área de nidificación para registrar su ubicación, características y el número de nidos presentes. Sin embargo, no todas las cavidades observadas dentro de la colonia corresponden a nidos, y en este sentido, es fundamental la utilización de un criterio estandarizado para clasificación de nidos. En esta Guía sugerimos una adaptación al criterio propuesto por Raine et al. (2018) para la clasificación de nidos (Tabla 3). Toda cavidad corresponde a nido cuando tiene señales directas o indirectas de ocupación. Las señales directas corresponden a la presencia de huevos, crías o adultos (Figura 13-15); mientras que las señales indirectas corresponden a la presencia de fecas, alimento (peces), aceites y olor (Figura 16). Es importante mencionar que muchas señales indirectas como plumas o restos

de carcasas pueden ingresar a la cavidad por acción del viento, por tanto no se deben considerar como señales indirectas válidas (Figura 17). Por otro lado, una cavidad con señales de ocupación antiguas debe ser considerada como nido, debido a que es posible que vuelva a ser ocupado en las temporadas siguientes (Figura 18).

Tabla 3. Criterios de clasificación de los nidos reportados.

	Estatus	Descripción
Nido	Nido activo, confirmado reproductivo	Se detecta la presencia de: un adulto aparentemente incubando, la presencia de huevo o cría.
	Nido activo, desconocido	No se detecta actividad en la cavidad, sin embargo, existen señales indirectas como rastros de fecas, aceite y olor característico. Adulto/huevo o cría podrían no ser detectados debido a la profundidad de la cavidad.
	Nido activo en prospección	Se detecta al adulto o la pareja realizando alguna actividad (vocalizando, visitando la cavidad o excavando) pero no se observan señales de nidificación. Esto podría ocurrir en las primeras semanas del periodo reproductivo.
	Nido inactivo	No se detecta actividad en la cavidad, pero existen señales indirectas como rastros de fecas, aceites, huevo eclosionado, u otro, que podría indicar que fue utilizado como nido en temporadas anteriores.
No nido		Cavidad vacía o con presencia de plumas y restos de carcasas que pudieron ser arrastrados por el viento.

Fuente: Elaboración propia adaptado de Raine *et. al* 2018



Figura 13. Nido con señal directa de ocupación, donde se observa un adulto de *H. markhami* incubando.

Fuente: Norte Andino EIRL.



Figura 14. Nido con señal directa de ocupación, donde se observa una cría de *H. markhami*. Fuente: Norte Andino EIRL.



Figura 15. Nido con señal directa de ocupación, donde se observa un volatón de *H. markhami*. Fuente: Norte Andino EIRL.



Figura 16. Nidos de golondrinas de mar (*Hydrobatidae*) con fecas frescas como señales indirectas. Fuente: Norte Andino EIRL.



Figura 17. Cavity donde no se observan señales directas ni indirectas. Solo se observan plumas que pudieron ser arrastradas por el viento o algún depredador. Fuente: Norte Andino EIRL.



Figura 18. Visión interna de un nido inactivo donde se observan restos de fecas de temporadas anteriores. Fuente: Norte Andino EIRL.

El criterio de clasificación de nidos utilizados en esta Guía responde a las diferentes condiciones que profesionales e investigadores/as encontrarán en su campaña de terreno. En este sentido, la existencia de diferentes categorías de nidos activos permitirá estimar de mejor manera la condición de la colonia al momento de ser visitada. Metodológicamente, sugerimos que la confirmación de nidos se realice mediante la identificación de señales indirectas y directas (Figura 19). Es importante tener en cuenta que en la última etapa de la temporada reproductiva la respuesta al *playback* suele ser escasa a pesar de que la cavidad esté siendo utilizada como nido, por tanto será fundamenta la utilización de las cámaras de inspección o boroscopio (Figura 20). Por otro lado, la morfología de la cavidad podría dificultar la observación de señales directas, en este caso el nido debería ser clasificado como Nido activo, desconocido (Tabla 3).

BORRADOR



Figura 19. Pasos metodológicos para identificación de nidos de golondrinas de mar (Hydrobatidae).

Fuente: Norte Andino EIRL.



Figura 20. Exploración de cavidad con cámara sonda marca RIDGID CA-350. Fuente: Norte Andino EIRL.

Una manera alternativa de identificar un nido es mediante la instalación de cámaras trampa. Este método es más costoso y requerirá más tiempo, pero será útil cuando los nidos son clasificados como Nido activo desconocido o Nido inactivo (Figura 21).



Figura 21. Utilización de cámara trampa para la identificación de nidos de golondrinas de mar (Hydrobatidae). Fuente: Norte Andino EIRL.

5. MONITOREO DE LAS COLONIAS NIDIFICANTES

5.1 PLAN DE SEGUIMIENTO

El desarrollo de un plan de seguimiento de las colonias de golondrinas de mar (Hydrobatidae) requiere una cuidadosa consideración del comportamiento y el hábitat de la especie. Como se menciona en esta Guía, las golondrinas de mar son aves marinas nocturnas que suelen anidar en grietas y cavidades dentro de las cuevas del desierto y en islas (García-Olaechea et al., 2020). Debido a su naturaleza esquiva, el seguimiento de sus poblaciones puede resultar complicado (Perkins et al., 2017), sin embargo, existen etapas fundamentales a considerar para desarrollar un plan de monitoreo de golondrinas de mar en el norte de Chile (Figura 22).

BORRADOR

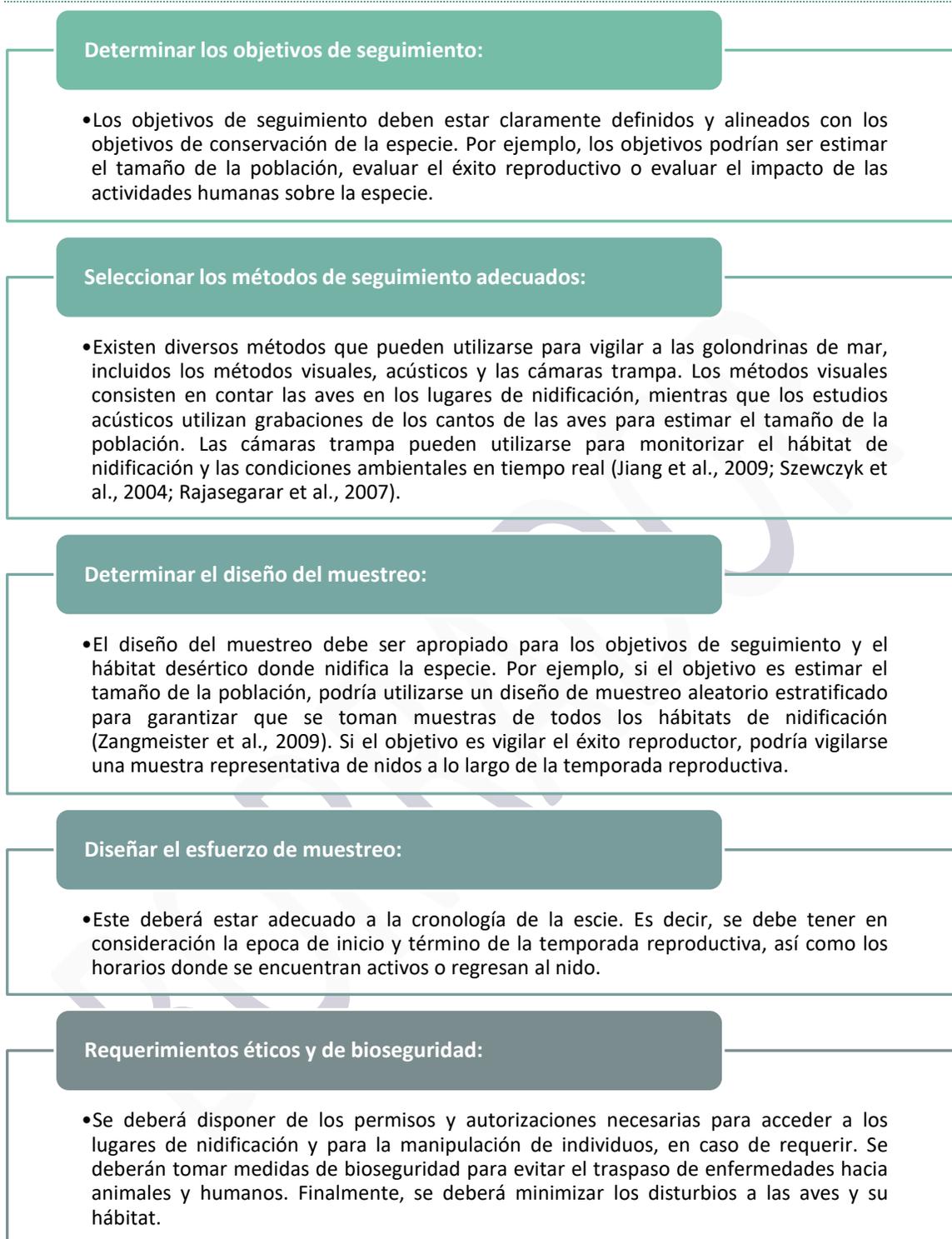


Figura 22. Consideraciones relevantes para desarrollar un plan de monitoreo de golondrinas de mar (Hydrobatidae) en los ambientes desérticos del norte de Chile. Fuente: Norte Andino EIRL.

5.2 METODOLOGÍAS MÁS UTILIZADAS PARA EL SEGUIMIENTO DE ESPECIES DE LA FAMILIA HYDROBATIDAE

En cuanto a las metodologías para llevar a cabo un plan de seguimiento, existen varios métodos que se han utilizado con éxito para el seguimiento de especies de la familia Hydrobatidae. Ambagis (2004), comparó diferentes métodos de censo y técnicas de seguimiento para la golondrina de mar de Leach y descubrió que los *playbacks* eran las más competentes como método rápido y de bajo costo para estudiar y monitorear golondrinas de mar en sus nidos. Por otro lado, las cámaras trampa pueden ser una herramienta útil para evaluar la nidificación de estas especies de aves, pero deben utilizarse junto con otros métodos para obtener una comprensión más completa de las tendencias de la población. Sin embargo, existe una gran disponibilidad de metodologías que podrían ser útiles para el estudio de la biología y ecología reproductiva de las especies de golondrinas de mar en el norte de Chile, como las que se mencionan en la Tabla 4.

Tabla 4. Metodologías para el estudio de la biología y ecología reproductiva de las especies de golondrinas de mar.

Método	Descripción
Actividad reproductiva	Una metodología comúnmente utilizada para evaluar estado reproductivo de los nidos de golondrinas de mar en una colonia es el método de monitoreo mediante el uso de cámaras trampa. Este enfoque ha sido empleado en varios estudios de aves marinas, incluyendo a golondrina de mar. Las cámaras deben ser colocadas estratégicamente cerca de los nidos para permitir la captura de imágenes continuas durante la temporada de reproducción. Las grabaciones se deben revisar posteriormente para determinar el número de eventos de entrada y salida de los adultos en los nidos.

	<p>También es posible localizar cámaras trampa de tamaño más pequeño al interior de las cavidades, con el fin de registrar el proceso de nidificación con mayor detalle. Sin embargo, es relevante considerar que la duración de las baterías es menor y que la calidad de la imagen podría no ser la óptima.</p>
<p>Mapeo de la colonia y estimación de la densidad</p>	<p>Se realiza mediante un mapeo detallado de la colonia, registrando la distribución espacial de las madrigueras o nidos las golondrinas de mar. Utiliza sistemas de navegación GPS y/o software de mapeo geográfico para obtener datos precisos sobre la ubicación de los nidos. La función no paramétrica de “Densidad de Kernel” (Cushman y Huettmann, 2010) permite la visualización de patrones de concentración de densidad de los nidos en las colonias. Esta es una herramienta utilizada en análisis espaciales para estimar la distribución de puntos en un área geográfica. Proporciona una visualización clara de la densidad relativa de eventos o puntos de interés y permite realizar análisis cuantitativos para comprender mejor los patrones espaciales.</p>
<p>Censo o estimación de parejas reproductoras</p>	<p>Realización de censos anuales para estimar el número de parejas reproductoras en la colonia. Esto implica contar el número de nidos activos o parejas visibles durante las visitas al sitio de estudio. Este censo se debe realizar anualmente para obtener una estimación, a mediano y largo plazo, de las variaciones en la abundancia de parejas reproductoras.</p>
<p>Éxito reproductivo</p>	<p>Durante la temporada de reproducción, se selecciona una muestra representativa de nidos y se realiza un seguimiento regular para evaluar el resultado de cada nidada. Se registran</p>

	<p>datos como el número de huevos puestos, el número de pollos eclosionados y la supervivencia de los pollos hasta que abandonan el nido (De León et al., 2006; Descamps et al., 2014). El éxito reproductivo es un indicador clave para evaluar la salud de las poblaciones de aves marinas. Se calculan parámetros como la tasa de eclosión (número de crías eclosionados dividido por el número de huevos puestos) y la tasa de supervivencia de los pollos (número de crías que abandonan el nido dividido por el número de crías eclosionadas). Estos datos proporcionan una medida del éxito reproductivo y la productividad de la colonia. Es importante considerar la posibilidad de que exista una segunda puesta en la misma cavidad, por tanto, es fundamental realizar monitoreos periódicos a cada nido.</p>
<p>Estimación de tasa de ocupación de cavidades</p>	<p>Para esto se selecciona una muestra representativa de nidos dentro de la colonia y se realizan visitas periódicas para determinar qué nidos están ocupados. Durante cada visita, se registra el estado de ocupación de cada nido, incluyendo la presencia de parejas reproductoras, huevos o crías. La medición de la ocupación de nidos es esencial para comprender la dinámica de reproducción y el éxito reproductivo de las aves marinas. Los datos recopilados se utilizan para calcular la tasa de ocupación dividiendo el número de nidos ocupados entre el número total de nidos o cavidades muestreadas y multiplicando por 100. Esto proporciona una estimación de la proporción de nidos ocupados en la colonia. Es importante realizar visitas periódicas durante toda la temporada de reproducción para capturar las variaciones en la</p>

	<p>ocupación de nidos a lo largo del tiempo (Stenhouse & Montevecchi, 2000).</p>
<p>Anillamiento y marcaje de individuos</p>	<p>La implementación de un programa de anillamiento y marcaje de individuos es útil para obtener datos sobre la supervivencia, dispersión y fidelidad de las golondrinas de mar a la colonia. Para esto se capturan selectivamente individuos dentro de la colonia mediante metodologías estandarizadas como redes de niebla, y se les anilla. El anillamiento de aves marinas es una técnica comúnmente utilizada para estudiar sus movimientos y comportamiento. Se registra la información asociada a cada individuo anillado, incluyendo su número de anilla, fecha de anillamiento y ubicación. Se realizan visitas periódicas para recapturar individuos anillados y registrar avistamientos posteriores (Okill & Bolton, 2005). Los datos se analizan utilizando métodos estadísticos apropiados, como el análisis de supervivencia, para evaluar la supervivencia y la fidelidad a la colonia. La utilización de anillos o marcas visibles se debe realizar por personal autorizado por el SAG para esto, de forma segura y ética, siguiendo los protocolos y regulaciones establecidas para el manejo de aves.</p>
<p>Seguimiento por geolocalización</p>	<p>Los geolocalizadores pueden utilizarse para rastrear los movimientos migratorios y las zonas de invernada de los individuos durante la época no reproductiva (Pollet et al., 2014)</p>
<p>Seguimiento de la depredación</p>	<p>La estimación del número de golondrinas de mar muertas por depredadores en las colonias sigue siendo importante, ya que</p>

	es una de las pocas fuentes directas de mortalidad que pueden cuantificarse para estas especies (Bond, 2023).
Monitoreo ambiental	Recopila datos ambientales relevantes en el sitio de estudio, como el estado del sitio donde se encuentra la colonia, la presencia de nuevas amenazas y las condiciones climáticas locales. Estos datos pueden ayudar a evaluar la relación entre el entorno y el éxito reproductivo de las golondrinas de mar. Además, pueden tomarse muestras de sangre de golondrinas de mar de las tormentas adultos para comprobar la relación entre los niveles de mercurio en sangre y los parámetros de desarrollo de las crías, así como la tasa de retorno de los adultos (Pollet et al., 2016).
Isótopos	Los isótopos de carbono y nitrógeno de las plumas pueden revelar diferencias en la dieta de las distintas especies de golondrinas de mar durante las estaciones de cría y de no cría (Bolton et al, 2008).

6. CONSIDERACIONES GENERALES Y CUIDADOS AL MOMENTO DE ESTUDIAR COLONIAS DE GOLONDRINAS DE MAR

El estudio de las colonias de golondrinas de mar puede ser desafiante debido a las condiciones ambientales donde se localizan y podría requerir el acceso a terrenos remotos y escarpados, sin señal telefónica. A continuación (Figura 23), se menciona el equipamiento básico de seguridad para tener en cuenta al momento de visitar una colonia reproductiva:

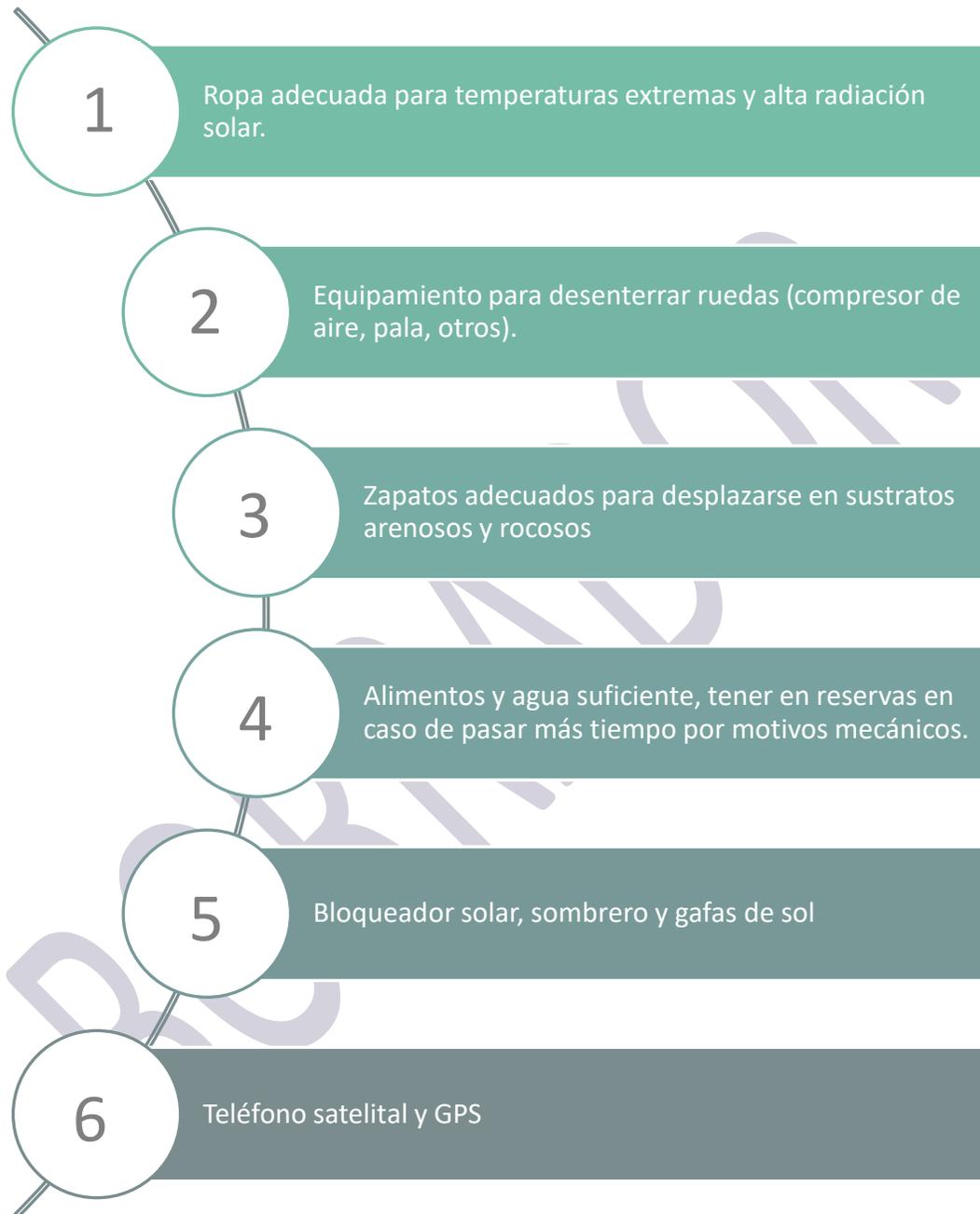


Figura 23. Equipamiento básico de seguridad para profesionales e investigadores/as que realicen labores en colonias reproductivas de golondrinas de mar (*Hydrobatidae*) en el norte de Chile. Fuente: Norte Andino EIRL.

Por otro lado, es fundamental mencionar que la observación de aves nocturnas debe realizarse de manera responsable y respetuosa, evitando cualquier perturbación innecesaria a las aves y su entorno. Para esto se sugiere a profesionales e investigadores/as que visiten las colonias reproductivas tener en consideración los siguientes cuidados:

- **Uso de caminos y rutas:** El uso de vehículos sobre el área de la colonia puede causar daños en la estructura de los nidos o estrés en los individuos. Dado que los límites de las colonias son difusos y no están definidos, es fundamental que los vehículos se mantengan en las rutas.
- **Uso de boroscopio:** Dado que las cámaras de inspección o boroscopio poseen una intensidad variable de luz, se sugiere regular adecuadamente la intensidad y tiempo de exposición para no dañar a los individuos. Además, se debe tener en cuenta que la linterna del boroscopio podría dañar huevos y crías.

BORRADOR

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ambagis, J. (2004). A comparison of census and monitoring techniques for Leach's Storm Petrel. *Waterbirds*, 27(2), 211–215.

Barros, R., Medrano, F., Silva, R., & de Groote, F. (2018). First breeding site record of Hornby's Storm Petrel *Oceanodroma hornbyi* in the Atacama Desert, Chile. *Ardea*, 106(2), 203–207.

Barros, R., Medrano, F., Norambuena, H. v., Peredo, R., Silva, R., de Groote, F., & Schmitt, F. (2019). Breeding Phenology, Distribution and Conservation Status of Markham's Storm-Petrel *Oceanodroma markhami* in the Atacama Desert. *Ardea*, 107(1), 75–84.

Barros, R., Medrano, F., Silva, R., Schmitt, F., Malinarich, V., Terán, D., Peredo, R., Pinto, C., Vallverdú, A., Fuchs, J., & Norambuena, H. v. (2020). Breeding Sites, Distribution and Conservation Status of the White-Vented Storm-Petrel *Oceanites gracilis* in the Atacama Desert. *Ardea*, 108(2).

Bernal, M., Simeone, A., & Flores, M. (2006). Breeding of wedge-rumped storm-petrels (*Oceanodroma tethys*) in northern Chile. *Ornitología Neotropical*, 17(2), 283–287.

BirdLife International. (2018a). *Hydrobates tethys*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T22698496A132651043.

BirdLife International. (2018b). *Oceanites gracilis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T22698442A132647135.

BirdLife International. (2019a). *Hydrobates hornbyi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T22698567A156372027.

BirdLife International. (2019b). *Hydrobates markhami*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019:e.T22698543A156377889.

Bolton (2006). Playback experiments indicate absence of vocal recognition among temporally and geographically separated populations of Madeiran Storm-petrels *Oceanodroma castro*. *Ibis*, 2(149), 255-263.

Bolton, M. (1996). Energy expenditure, body-weight and foraging performance of Storm Petrels *Hydrobates pelagicus* breeding in artificial nesting chambers. *Ibis*, 138(3), 405-409.

Bolton, Smith, Gómez-Díaz, Friesen, Medeiros, Bried, ... & Furness (2008). Monteiro's Storm-petrel *Oceanodroma monteiroi*: a new species from the Azores. *Ibis*, 4(150), 717-727.

Bond (2023). Quantifying gull predation in a declining Leach's Storm-petrel (*Hydrobates leucorhous*) colony. *ACE*, 1(18).

Carreiro, A. R., Paiva, V. H., Medeiros, R., Franklin, K. A., Oliveira, N., Fagundes, A. I., & Ramos, J. A. (2020). Metabarcoding, stable isotopes, and tracking: unraveling the trophic ecology of a winter-breeding storm petrel (*Hydrobates castro*) with a multimethod approach. *Marine Biology*, 167, 1-13.

Carreiro, A. R., Bried, J., Deakin, Z., Jones, K. B., Thomas, R. J., Symondson, W. O., ... & Medeiros, R. (2021). First Insights into the Diet Composition of Madeiran and Monteiro's Storm Petrels (*Hydrobates castro* and *H. monteiroi*) Breeding in the Azores. *Waterbirds*, 44(3), 300-307.

De León, Mínguez, Belliure (2003). Self-odour recognition in European storm-petrel chicks. *Behav*, 7(140), 925-933.

Descamps, Tarroux, Varpe, Yoccoz, Tveraa, Lorentsen (2014). Demographic effects of extreme weather events: snow storms, breeding success, and population growth rate in a long-lived Antarctic seabird. *Ecol Evol*, 2(5), 314-325.

Fricke, Blizzard, Gannon, Mauck (2015). Model of burrow selection predicts pattern of burrow switching by Leach's Storm-Petrels. *J. Field Ornithol.*, 4(86), 326-336.

García-Godos, I., Goya, E., & Jahncke, J. (2002). The diet of Markham's Storm Petrel *Oceanodroma markhami* on the central coast of Peru. *Marine Ornithology*, 30, 77-83.

García-Olaechea, Chávez-Villavicencio, Novoa-Cova (2020). A new breeding colony of the Wedge-rumped Storm-Petrel (*Hydrobates tethys kelsalli*, Lowe 1925) on Foca Island, extreme Northwestern Peru. *Rev peru biol*, 2(27), 225-228.

Kildaw, S. D., Irons, D. B., Nysewander, D. R., & Buck, C. L. (2005). Formation and growth of new seabird colonies: the significance of habitat quality. *Marine Ornithology*, 33, 49-58.

Luna, N. (2015). Relevancia de la Golondrina de Mar Peruana (*Oceanodroma tethys*) en la Dieta de la Lechuza (*Tyto alba*) en Isla Grande de Atacama. Universidad Católica del Norte.

Luebert, F., & Pliscoff, P. (2017). Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile (Second edi). Editorial Universitaria.

Jahncke J (1993) Primer informe del área de anidación de la golondrina de la tempestad negra *Oceanodroma markhami* (Salvin 1883). Memorias X Congreso Nacional de Biología, 1992, Lima: 339-343.

Jiang, M., Guo, Z., Hong, F., Ma, Y., & Luo, H. (2009, March). Oceansense: A practical wireless sensor network on the surface of the sea. In 2009 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (pp. 1-5). IEEE.

Jouventin P, Monicault G & Blosseville J (1981) La danse de l'albatros, *Phoebetria fusca*. *Behaviour* 78: 43–80.

Jouventin, Mouret, Bonadonna (2007). Wilson's Storm Petrels *Oceanites oceanicus* Recognise the Olfactory Signature of Their Mate. *Ethology*, 12(113), 1228-1232.

Malinarich, V., & Vallverdú, A. (2019). Estudio de las poblaciones de golondrina de mar en la región de Tarapacá. Unidad de Recursos Naturales Renovables, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

Malinarich, V., & Vallverdú, A. (2021). Estudio de las Poblaciones de Golondrinas de Mar en la Región de Tarapacá. Unidad de Recursos Naturales Renovables, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), 1–60.

Medrano, F., Drucker, J., & Jaramillo, A. (2021). Markham's Storm-Petrel (*Hydrobates markhami*). In T. S. Schulenberg, S. M. Billerman, & B. K. Keeney (Eds.), *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology.

Medrano, F., Silva, R., Barros, R., Terán, D., Peredo, R., Gallardo, B.-J., Cerpa, P., de Groote, F., Gutiérrez, P., & Tejeda, I. (2019). Nuevos antecedentes sobre la historia natural y conservación de la golondrina de mar negra (*Oceanodroma markhami*) y la golondrina de mar de collar (*Oceanodroma hornbyi*) en Chile. *Revista Chilena de Ornitología*, 25(1), 21–30.

Minguez, E., & Oro, D. (2003). Variations in nest mortality in the European storm petrel *Hydrobates pelagicus*. *Ardea*, 91(1), 113-117.

Ministerio del Medio Ambiente. (2022). Listado de Especies Clasificadas desde el 1° al 17° Proceso de Clasificación RCE (actualizado a mayo de 2022).

Ministerio de Medio Ambiente (2022). Plan de Recuperación, Conservación y Gestión de las Golondrinas de Mar del Norte de Chile. Diario Oficial de la República de Chile.

Okill, Bolton (2005). Ages of Storm Petrels *Hydrobates pelagicus* prospecting potential breeding colonies. *Ringling & Migration*, 4(22), 205-208.

Perkins, Bingham, Bolton (2017). Testing the use of infra-red video cameras to census a nocturnal burrow-nesting seabird, the European Storm Petrel *Hydrobates pelagicus*. *Ibis*, 2(160), 365-378.

Pollet, Hedd, Taylor, Montevecchi, Shutler (2014). Migratory movements and wintering areas of Leach's Storm-Petrels tracked using geolocators. *J. Field Ornithol.*, 3(85), 321-328.

Pollet, Leonard, O'Driscoll, Shutler (2016). Relationships between blood mercury levels, reproduction, and return rate in a small seabird. *Ecotoxicology*, 1(26), 97-103.

Quillfeldt, P. (2002). Seasonal and annual variation in the diet of breeding and non-breeding Wilson's storm-petrels on King George Island, South Shetland Islands. *Polar Biology*, 25, 216-221.

Raine, A., M. Vynne, S. Driskill y E. Pickett. 2018. Monitoring of Endangered Seabirds in Hono o Na Pali Natural Area Reserve IV: Hanakapi ai. Inf. téc., University of Hawaii and Division of Forestry and Wildlife, Pacific Cooperative Studies Unit. Kaua i: Kaua i Endangered Seabird Recovery Project.

Rodríguez, A., Arcos, J. M., Bretagnolle, V., Dias, M. P., Holmes, N. D., Louzao, M., & Chiaradia, A. (2019). Future directions in conservation research on petrels and shearwaters. *Frontiers in Marine Science*, 94.

Rajasegarar, S., Leckie, C., Palaniswami, M., & Bezdek, J. C. (2007, June). Quarter sphere based distributed anomaly detection in wireless sensor networks. In 2007 IEEE International Conference on Communications (pp. 3864-3869). IEEE.

Ratcliffe, N., Mitchell, I. A. N., Varnham, K., Verboven, N., & Higson, P. (2009). How to prioritize rat management for the benefit of petrels: a case study of the UK, Channel Islands and Isle of Man. *Ibis*, 151(4), 699-708. Schramm, M. (1986). Burrow densities and nest site preferences of petrels (Procellariidae) at the Prince Edwards Islands. *Polar Biology*, 6, 63-70.

Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (ROC), 2022. "Información espacial sobre reproducción de aves marinas en Chile". Versión 4.1, publicada el 26/07/2022. Disponible en www.redobservadores.cl/golondrinas

Red Hemisférica de Reservas para las Aves Playeras. 2009. Proyecto de Recuperación de Aves Playeras en el Noroeste de México.

Sepúlveda, F.A.; Vásquez, P.; Quezada, A. 2014. Cartas Patillos y Oficina Victoria, Región de Tarapacá. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 167-168. 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

SERNAGEOMIN, 2003. Mapa Geológico de Chile: versión digital. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Digital, No. 4 (CD-ROM, versión1.0, 2003). Santiago.

Silva, Matias, Ferreira, Catry, Granadeiro (2015). Searching for a breeding population of Swinhoe's Storm-petrel at Selvagem Grande, NE Atlantic, with a molecular characterization of occurring birds and relationships within the Hydrobatinae. *J Ornithol*, 1(157), 117-123.

Stenhouse, Montevecchi (2000). Habitat utilization and breeding success in Leach's Storm-Petrel: the importance of sociality. *Can. J. Zool.*, 7(78), 1267-1274.

Szewczyk, Osterweil, Polastre, Hamilton, Mainwaring, Estrin (2004). Habitat monitoring with sensor networks. *Commun. ACM*, 6(47), 34-40.

Torres-Mura, J. C., & Lemus, M. L. (2013). Breeding of Markham's Storm-Petrel (*Oceanodroma markhami*, Aves: Hydrobatidae) in the desert of northern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 86(4), 497-499.

Vásquez, P.; Sepúlveda, F.A.; Quezada, A.; Aguilaf, S.; Franco, C.; Blanco, N. 2018. Cartas Guanillos del Norte y Salar de Llamara, Regiones de Tarapacá y Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

Wakelin, J., Wilson, A. L., & Downs, C. T. (2013). Ground cavity nest temperatures and their relevance to Blue Swallow *Hirundo atrocaerulea* conservation. *Ostrich*, 84(3), 221–226.

Zangmeister, Haussmann, Cerchiara, Mauck (2009). Incubation failure and nest abandonment by Leach's Storm-Petrels detected using PIT tags and temperature loggers. *Journal of Field Ornithology*, 4(80), 373-379.